绿盲蝽对不同生长期棉花的刺吸危害特性

李林懋[1,2]，门兴元[1,*]，叶保华[2,*]，于 毅[1]，张安盛[1]，李丽莉[1]，周仙红[1]，庄乾营[1]

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所,山东省植物病毒学重点实验室,济南 250100; 2. 山东农业大学植物保护学院，山东泰安 271018)

摘要:【目的】近年绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)对棉花的危害成为农业中热议的话题和重点研究的课题。为更加深入了解此种害虫对棉花各组织的危害特性及量化危害,为早期预测预报提供依据,我们研究了绿盲蝽对棉花不同生长阶段(各组织)早期危害表征与后期成铃情况的关系。【方法】通过大田接虫法研究了绿盲蝽对苗期、蕾期、花期和铃期棉花植株的危害特性。【结果】绿盲蝽危害 24 h 会造成棉花子叶期和 2 叶期产生无头苗,2 叶期后受绿盲蝽危害不会形成无头苗。建立了无头苗率和生长点被害级别的关系模型 $y=0.1906x-0.0439$ ($1\leqslant x\leqslant 5$)和棉花苗期(不同叶期)被害 10 d 后的叶片被害指数与刺吸点数和生长点被害级别回归模型:4 叶期:$y=0.532+0.202x_1+0.005x_2$; 6 叶期:$y=-0.063+0.339x_1+0.002x_2$; 8 叶期:$y=-0.150+0.087x_1+0.001x_2$ ($0\leqslant x_1\leqslant 5$, $1\leqslant x_2\leqslant 5$)。绿盲蝽对蕾和花的刺吸危害没有对后期棉铃的脱落率和大小产生显著影响。10 mm 和 15 mm 直径棉铃被害后的校正脱落率分别为 55.00% 和 26.60%,而直径大于 15 mm 的棉铃校正脱落率均为 0;绿盲蝽的刺吸危害对棉铃的成铃大小无显著影响;建立了幼铃(10 mm、10 ~ 15 mm 直径棉铃)刺吸点数和脱落率的回归模型[10 mm: $y=0.1857x-0.081$; 10 ~ 15 mm: $y=0.0522x-0.0068$ ($1\leqslant x\leqslant 5$)]。【结论】结果表明,幼苗阶段,棉花的子叶期和 2 叶期是受绿盲蝽危害的敏感时期;成株阶段,棉花嫩铃期是受绿盲蝽危害的敏感时期;建立的绿盲蝽刺吸危害的回归模型可用于绿盲蝽危害损失短期预测。因此,应在棉花受害敏感时期对绿盲蝽重点防治,提高防治效率。

关键词: 绿盲蝽; 棉花; 接虫法; 刺吸点数; 叶片被害指数; 无头苗率; 脱落率

中图分类号: Q964 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296(2014)04-0449-11

Feeding damage characteristics of *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae) to different growth stages of cotton

LI Lin-Mao[1,2], MEN Xing-Yuan[1,*], YE Bao-Hua[2,*], YU Yi[1], ZHANG An-Sheng[1], LI Li-Li[1], ZHOU Xian-Hong[1], ZHUANG Qian-Ying[1] (1. Shandong Provincial Key Laboratory of Plant Virology, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract:【Aim】In recent years *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) damage to cotton has become the hot topics and research focus. To more deeply understand the damage characteristics of this pest to different growth stages of cotton, quantify the damage, and provide the basis for early forecasting of damage, we examined the relationship of early damage characteristics at different cotton growth stages and late bolls.【Methods】The damage characteristics of *A. lucorum* to different growth stages of cotton were investigated with artificial pest infection method in the field.【Results】Piercing-sucking damage for 24 h by *A. lucorum* at the cotton cotyledon stage and 2-leaf stage could cause headless plants, while no headless plants were observed after 2-leaf stage. Regression model of the rate of headless seedlings with the damage degree of cotton growing point ($y=0.1906x-0.0439$, $1\leqslant x\leqslant 5$), and regression models of the damaged leaf index with the damage degree of cotton growing point and the number of piercing points at 4-leaf stage ($y=0.532+0.202x_1+0.005x_2$, $0\leqslant x_1\leqslant 5$, $1\leqslant x_2\leqslant 5$), 6-leaf stage ($y=-0.063+0.339x_1+0.002x_2$, $0\leqslant x_1\leqslant 5$, $1\leqslant x_2\leqslant 5$) and 8-leaf stage ($y=-0.150+0.087x_1+0.001x_2$, $0\leqslant x_1\leqslant 5$, $1\leqslant x_2\leqslant 5$) were built respectively. Damage of *A. lucorum* to cotton at the budding and flowering stages had no significant effects on the abscission rates and sizes of late bolls. Damage of *A. lucorum* to the young cotton bolls with diameter less than 10 mm and 15 mm caused the corrected abscission rates of 55.0% and 26.6%, respectively, while the abscission rates of bolls with more than 15 mm diameter

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201103012); 国家自然科学基金重点项目(31030012)

作者简介: 李林懋, 女, 1987 年生, 甘肃兰州人, 硕士, 研究方向为害虫综合治理, E-mail: lilinmao2009@126.com

* 通讯作者 Corresponding authors, E-mail: menxy2000@hotmail.com; zhibaoy@sdau.edu.cn

收稿日期 Received: 2013-11-28; 接受日期 Accepted: 2014-03-16

were 0. Sizes of mature bolls were not significantly influenced by *A. lucorum* damage. Regression models of the abscission rates of cotton bolls with 10 mm diameter ($y = 0.1857x - 0.081$, $1 \leqslant x \leqslant 5$) and 10 - 15 mm diameter ($y = 0.0522x - 0.0068$, $1 \leqslant x \leqslant 5$) with piercing points were built respectively. 【Conclusion】The results indicate that cotton at the cotyledon stage, 2-leaf stage and young boll stage are very sensitive to the damage of *A. lucorum*. The regression model of piercing-sucking damage could be used in short-term forecasting for damage loss of *A. lucorum*. Key periods of cotton plants sensitive to damage of *A. lucorum* should be selected to promote the control efficiency.

Key words: *Apolygus lucorum*; cotton; pest inoculation test; number of piercing points; damaged leaf index; headless seeding rate; abscission rate

自 20 世纪 90 年代,随着转基因抗虫棉的普及,棉田害虫生态位发生巨大变化,鳞翅目害虫种群数量明显降低,而棉盲蝽类上升为主要害虫(Wu *et al*., 2002; Men *et al*., 2005; 陆宴辉和吴孔明, 2008; Lu *et al*., 2010)。棉盲蝽种类众多、分布广泛,其中绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)是主要的棉盲蝽种类,在我国长江、黄河流域棉花主产区发生频繁,其以成虫、若虫刺吸棉花的嫩茎、嫩叶、花蕾和幼铃,导致“破头疯”、“破叶疯”,蕾铃脱落,经常造成棉花产量严重损失(周洪旭等, 2003; 陆宴辉等, 2007; 卓德干等, 2011)。近年来,随着绿盲蝽在我国北方棉区、果区、茶区暴发成灾,用于防治绿盲蝽的杀虫剂使用量也急剧增加(Lu *et al*., 2010),因此急需加强棉盲蝽的测报技术研究,提高防控效率。

我国对棉盲蝽的测报技术和防治指标进行了大量研究,并提出了苗期、花蕾期、铃期百株虫量分别为 5,10 和 20 头的防治指标(朱弘复和孟祥玲, 1958; 张永孝等, 1986)。但由于绿盲蝽体型小,通体绿色,若虫藏匿危害和成虫善于飞行,许多棉农形容盲蝽“看不见、摸不着、防不好”,田间数量调查难度极大,经常只见危害不见虫,等发现危害症状已经造成较大损失,因此这种基于种群数量的防治指标对于观测者的专业素质和经验要求较高,对于一般的植保测报工作者应用起来难度较大。基于害虫早期危害症状制定防治指标,也是害虫测报和防控常用的方法,例如根据棉蚜危害棉花苗期造成的卷叶特性制定的棉蚜防治指标,简便易行,适用于基层植保测报人员(牟吉元等,1987)。我国过去对绿盲蝽危害特性的研究较少,且多是对其为害症状的描述,“破叶疯”、“破头风”、落花落蕾、烂铃落铃等危害症均是绿盲蝽危害后期症状,一旦出现以上症状,危害损失已经不能挽回。因此根据绿盲蝽为害特性,找到容易识别的早期危害症状,是建立早期危害与后期损失关系模型的关键。与蚜虫、粉虱类害虫将口器刺入植物吸取汁液不同,绿盲蝽是以口针反复穿刺,刺破寄主细胞后,分泌唾液进行初步消化,然后吸收的取食方式。作者通过体视镜和摄像机对绿盲蝽取食行为和取食后的症状进行了观察,发现绿盲蝽取食危害棉花组织后,会造成取食部位的组织坏死,24 h 后会留下肉眼清晰可见的刺吸点。基于这一发现,本研究通过大田接虫法, 首次定量地分析棉盲蝽早期危害与后期损失的关系,通过大量前期观测确定了刺吸点数量作为前期危害的指标,系统研究了绿盲蝽对棉花苗期、蕾期、花期和铃期 4 个生长期的危害特性,重点分析了不同虫龄和不同接虫密度的绿盲蝽对棉花各生长期的不同器官的刺吸危害造成的无头苗率、叶片被害指数、脱落率,以期解决棉田盲蝽藏匿危害,难以田间计数害虫数量的问题,为目前棉田最主要的害虫-绿盲蝽的危害研究提供一个高效的方法,为建立基于绿盲蝽早期危害的损失预测预报和棉花绿盲蝽防治指标的制定提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

供试绿盲蝽是在温度 26℃, 相对湿度 80% 和光周期 16L: 8D 条件下,用新鲜芸豆饲养的绿盲蝽种群。试虫在接虫试验前饥饿处理 24 h,翌日早晨带去山东省农业科学院的试验田(36°43′9.64″N, 117°07′8.29″E)进行接虫试验。

1.2 棉花苗期绿盲蝽危害试验

试验所用的棉花品种为当地棉田常用品种—鲁棉研 36 号,4 月下旬用营养土盆栽棉苗。分别在棉花苗期的不同生长期进行接虫,每株棉花用毛笔挑 1 头试虫放在棉苗叶片上,并迅速在棉苗近土部位涂粘虫胶防止试虫逃逸。24 h 后记录每株棉苗的每个叶片刺吸点数和生长点被害等级,

同时将试虫去除，继续培养棉苗，分别于 10，20 和 30 d 后观察记录棉苗每片叶受害的后期破叶级别和无头苗数。试验设置子叶期、2 叶期、4 叶期、6 叶期、8 叶期 5 个时期，分别接绿盲蝽 1 龄若虫、3 龄若虫、5 龄若虫和成虫，共 20 个处理，每个处理重复 6 次。由于棉苗生长点很小，绿盲蝽危害后，难以计数刺吸点数量，因此根据棉苗生长点受害程度，分级标准见表 1。

表 1 苗期生长点被害等级

Table 1 Damage degree of cotton growing points by *Apolygus lucorum*

被害等级 Damage grade	生长点为害状 Damage symptoms of growing point
5	全部变黑 All black
4	大部分变黑（变黑的面积 > 70%）Black area percentage > 70%
3	顶端变黑（30% < 变黑的面积 ≤ 70%）30% < Black area percentage ≤ 70%
2	顶端小部分变黑（变黑的面积 ≤ 30%）Black area percentage ≤ 30%
1	少许刺吸点 A few piercing points
0	无刺吸点 Clean

棉花叶片被害后的破碎程度分级按照周洪旭等叶片被害指数（周洪旭等，2003），计算公式为：

$$被害指数 = \frac{n1\times 1+n2\times 2+n3\times 3+n4\times 4+n5\times 5}{(n0+n1+n2+n3+n4+n5)\times 5}\times 100\%$$

式中 n_0，n_1，n_2，n_3，n_4 和 n_5 分别为 0，1，2，3，4 和 5 级受害级的叶片数。

1.3 棉花蕾期和花期绿盲蝽危害试验

于 2012 年 6－8 月在山东农业科学院试验田进行试验，棉田正常肥水管理，但试验期间不喷施任何杀虫剂。

蕾期接虫：在棉田随机选取和标记新生大小一致的蕾，设置每蕾分别接绿盲蝽 5 龄若虫 1，2 和 3 头的 3 个处理，在蕾柄末端涂粘虫胶防止试虫逃逸。每个处理 25 个蕾（计算落铃率时 5 个蕾为 1 个重复，共 5 个重复）。同时在棉田标记新生未受害的蕾 25 个作为空白对照。24 h 后记录受害蕾柄、萼片、花瓣（未展开）、蕾旁小叶上的刺吸点数。记录之后将试虫去除，25 d 后观察被害蕾成铃情况，记录处理和对照棉铃数和棉铃高、宽。

花期接虫：接虫试验方法与蕾相同。在棉田随机选取和标记大小一致的花，设置每花上分别接绿盲蝽 5 龄若虫 1，2 和 3 头的 3 个处理，在花柄末端涂粘虫胶防止试虫逃逸。每个处理 25 朵花（计算落铃率时 5 朵花为 1 个重复，共 5 个重复）。同时在棉田标记未受害的花 25 朵作为空白对照。24 h 后记录萼片、花瓣、花蕊上的刺吸点数。记录之后将试虫去除，20 d 后观察成铃情况，记录处理和对照棉铃数和棉铃高、宽，统计棉铃脱落率，并根据下式计算校正脱落率：

$$校正脱落率 = \frac{实验组脱落率-对照组脱落率}{1-对照组脱落率}。$$

1.4 棉铃绿盲蝽危害试验

于 2012 年 7－10 月在山东省农业科学院试验田进行试验，棉田不喷施任何杀虫剂。在棉田分别标记直径 10，15，20，25，30 和 35 mm 的棉铃，在每个棉铃上接 5 龄若虫 1 头，铃基部涂粘虫胶防止试虫逃逸。每个处理 25 个重复。同时在棉田分别标记各直径未受害棉铃 25 个作为空白对照。试验所选的棉铃是在整个试验田中随机选取不同棉株上的分别符合 6 个直径水平的棉铃。24 h 后分别记录每个处理棉铃柄、萼片、铃托膜和铃上的刺吸点数。记录之后将试虫去除，17 d 后观察各处理成铃情况，记录铃的受害症状、个数和棉铃的高、宽。

1.5 数据分析方法

用 SPSS Statistics 17.0 软件进行数据分析。处理间的差异检验用单因素方差分析，用 Duncan 法进行数据的多重比较，用曲线估计程序进行回归分析；10 mm 与 15 mm 棉铃脱落率用独立样本 *T* 检验分析；Excel 2003 软件作图。

2 结果与分析

2.1 绿盲蝽对棉苗的危害

如图 1（A）所示，棉花苗期叶片被绿盲蝽为害 24 h 后即会出现肉眼可见的坏死小圆点，直径约 0.3～0.8 mm，刺点中部褐色，边缘较深，试验计数时清晰可辨。

2.1.1 不同时期被害后的无头苗率：1 头绿盲蝽危害 24 h 后对棉花所造成无头苗只局限于子叶期和 2



图 1 棉花被绿盲蝽刺吸 24 h 后形成的刺点症状

Fig. 1 Piercing points on cotton tissues caused by piercing-sucking attack of *Apolygus lucorum* for 24 h

A：苗期 Seedling stage；B：蕾期 Budding stage；C：花期 Flowering stage；D：铃期：Boll-setting stage.

叶期,对 2 叶期以后棉花不会造成无头苗(表 2)。1 龄若虫在所有时期危害都没有造成无头苗,3 龄若虫仅在子叶期造成 67% 的无头苗率,5 龄若虫在子叶期和 2 叶期造成无头苗率均达 100%,成虫对子叶期造成无头苗率为 100%,对 2 叶期造成 67% 的无头苗率。

对子叶期和 2 叶期生长点被害级别与无头苗概率拟合后得到子叶期 - 2 叶期无头苗率模型(图 2, $R^2=0.782$, $F=14.370$, $P=0.019$),随着被害级别的增加,无头苗率增大,在危害级别达到 2.853 时,棉株有 50% 概率成为无头苗。

表 2 不同虫龄绿盲蝽对棉苗不同叶期所造成的无头苗率(%)

Table 2 The rate of headless seedlings (%) of cotton at different seedling stages caused by the 1st, 3rd and 5th instar nymphae and adults of *Apolygus lucorum*

虫龄 Developmental stage of insect	子叶期 Cotyledon stage	2 叶期 2-leaf stage	4 叶期 4-leaf stage	6 叶期 6-leaf stage	8 叶期 8-leaf stage
1 龄若虫 1st instar nymph	0	0	0	0	0
3 龄若虫 3rd instar nymph	67	0	0	0	0
5 龄若虫 5th instar nymph	100	100	0	0	0
成虫 Adult	100	67	0	0	0

2.1.2 不同时期被害后叶片被害指数：绿盲蝽供试 4 个虫龄在棉花不同叶期所造成 10 d 后的叶片被害指数见表 3。结果显示,相同叶期,除 1 龄若虫危害 4 叶期棉苗,其他 3 个供试虫龄对 2 叶期和 4 叶期棉苗造成的叶片被害指数均显著大于其余 3 个时期(子叶期: $F=0.911$, $df=3$, $P=0.453$; 2 叶期: $F=10.911$, $df=3$, $P=0.000$; 4 叶期: $F=6.357$, $df=3$, $P=0.003$; 6叶期: $F=2.635$, $df=3$, $P=0.078$; 8叶

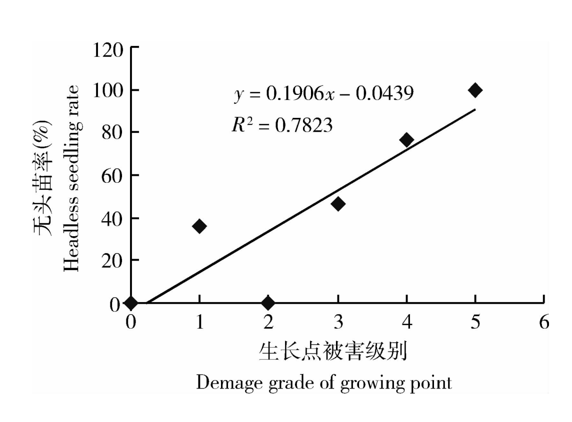


图2　子叶期 –2 叶期无头苗率与生长点被害级别模型($1 \leqslant x \leqslant 5$)

Fig. 2　Regression model of the rate of headless seeding and the damage degree of cotton growing point of cotyledon – 2-leaf stage

期：$F = 4.293$，$df = 3$，$P = 0.017$)；相同虫龄，3 龄对除子叶期的其他各叶期棉苗造成的叶片被害指数最大(1 龄若虫：$F = 17.998$，$df = 4$，$P = 0.000$；3 龄若虫：$F = 31.205$，$df = 4$，$P = 0.000$；5 龄若虫：$F = 5.278$，$df = 4$，$P = 0.003$；成虫：$F = 12.167$，$df = 4$，$P = 0.000$)。

通过对 4，6 和 8 叶期被绿盲蝽危害 24 h 后的刺吸点数和生长点被害级别与 10，20 和 30 d 后叶片被害指数的分析发现，各叶期 10 d 后的叶片被害指数与刺吸点数和生长点危害级别之间有线性关系。将生长点被害级别(x_1)，叶片刺吸点数(x_2)及 10 d 后的叶片被害指数拟合成模型(表 4)，拟合度较高，均达到极显著水平。各时期的叶片被害指数均随着生长点被害级别和叶片刺吸点数的增加而增加。

表 3　不同虫龄绿盲蝽对各叶期棉苗所造成的叶片被害指数

Table 3　Damaged leaf index of cotton leaves at different seedling stages damaged by the 1st, 3rd and 5th instar nymphae and adults of *Apolygus lucorum*

虫龄 Developmental stage of insect	子叶期 Cotyledon stage	2 叶期 2-leaf stage	4 叶期 4-leaf stage	6 叶期 6-leaf stage	8 叶期 8-leaf stage
1 龄若虫 1st instar nymph	0.50 ± 0.19 Ac	1.75 ± 0.18 Aa	0.97 ± 0.22 Bb	0.14 ± 0.07 Bc	0.21 ± 0.03 Ac
3 龄若虫 3rd instar nymph	0.17 ± 0.11 Ab	1.92 ± 0.25 Aa	1.83 ± 0.12 Aa	0.50 ± 0.18 Ab	0.25 ± 0.05 Ab
5 龄若虫 5th instar nymph	0.25 ± 0.11 Ab	0.75 ± 0.17 Ba	0.86 ± 0.25 Ba	0.17 ± 0.09 Bb	0.15 ± 0.04 ABb
成虫 Adult	0.33 ± 0.17 Ab	0.83 ± 0.11 Ba	0.88 ± 0.12 Ba	0.14 ± 0.07 Bb	0.09 ± 0.03 Bb

表中数据为平均数 ± 标准误；数据后不同大写字母表示同一列、不同小写字母表示同一行数据经 Duncan 氏测验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。
The data in the table are mean ± *SE*; different capital letters in the same column and lowercase letters in the same line indicate significant difference at $P < 0.05$ level by Duncan's test.

表 4　4，6 和 8 叶期叶片被害指数与生长点被害级别和刺吸点数模型

Table 4　Regression model of the damaged leaf index and the damage degree of growing point and the number of piercing points on leaves at the 4-, 6- and 8-leaf stage

叶期 Leaf stage	模型 Model	R^2	F	P
4 叶期 4-leaf stage	$y = 0.532 + 0.202x_1 + 0.005x_2$	0.615	16.792	0.000
6 叶期 6-leaf stage	$y = -0.063 + 0.339x_1 + 0.002x_2$	0.734	28.923	0.000
8 叶期 8-leaf stage	$y = -0.150 + 0.087x_1 + 0.001x_2$	0.388	6.655	0.006

y：叶片被害指数 Damaged leaf index；x_1：生长点被害级别 Damage degree of growing points ($0 \leqslant x_1 \leqslant 5$)；$x_2$：叶片刺吸点数 Number of piercing points on leaves ($1 \leqslant x_2 \leqslant 5$).

2.2　蕾期和花期的危害

2.2.1　绿盲蝽对棉花蕾、花不同部位的刺吸点分布：如图 1(B)所示，蕾被害 24 h 后，表面出现为黑褐色小点，小点边缘常伴有溢出汁液，风干后为透明亮片；花被害 24 h 后呈现浅褐色或白色斑点(图 1：C)，试验计数时清晰可辨。绿盲蝽对蕾的刺吸位置主要包括花柄、萼片、花瓣和蕾旁着生的小叶片，花瓣为蕾未展开的花瓣。方差分析结果显示，不同部位的刺吸点数量间存在显著性差异($F = 19.721$，$df = 3$，$P = 0.000$)；接虫后绿盲蝽对蕾旁的小叶片的刺吸点数最多，对萼片的刺吸点数次之，对花柄和花瓣的刺吸点数较少(图 3)。接虫数对不同部位的刺吸点数量的影响不显著($F = 0.802$，$df = 2$，$P = 0.449$)。

绿盲蝽对花的刺吸主要包括萼片、花瓣和花蕊(图 4)。在所有的接虫密度下，绿盲蝽对花瓣的刺吸点数最多，对花蕊和萼片的刺吸较少；在同一部位，随着接虫数量的增大，刺吸点数量增加。分析结果表明，接虫数($F = 19.086$，$df = 2$，$P = 0.000$)和刺吸位置($F = 225.979$，$df = 2$，$P = 0.000$)，二者均达极显著，这说明不同接虫数与刺吸部位选择对刺吸

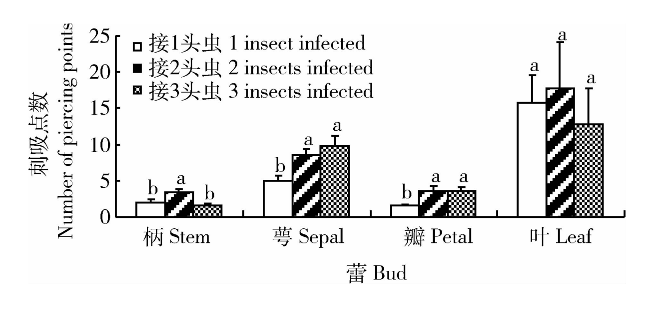


图3 接不同数量绿盲蝽对棉花蕾不同部位的刺吸点数

Fig. 3 Number of piercing points on different parts of cotton buds damaged by *Apolygus lucorum* with three different infection densities

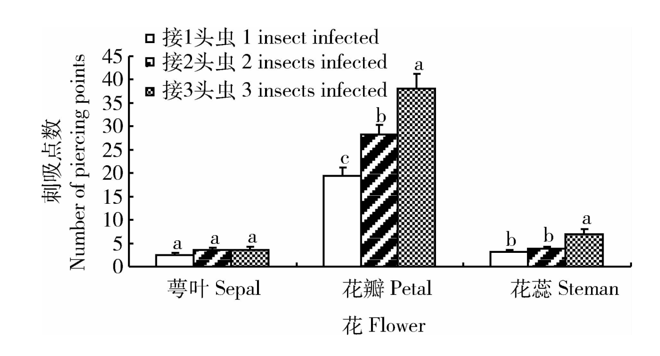


图4 接不同数量绿盲蝽对棉花的花不同部位的刺吸点数

Fig. 4 Number of piercing points on different parts of cotton flowers damaged by *Apolygus lucorum* with three infection densities

点数的影响极显著。

2.2.2 蕾、花被害后的成铃情况:危害蕾25 d后成铃情况与危害花20 d后成铃情况见表5。方差分析结果显示:各处理的蕾成铃后的宽没有显著性差异($F=2.466$, $df=3$, $P=0.074$)。接1头虫的蕾成铃后铃高显著小于未接虫对照,其他处理间无显著差异($F=2.997$, $df=3$, $P=0.040$)。花成铃后各处理之间宽与高也均无显著差异(宽:$F=0.170$, $df=3$, $P=0.916$;高:$F=0.387$, $df=3$, $P=0.763$)。

表5 绿盲蝽危害蕾和花后的成铃大小与脱落率

Table 5 Abscission rate and size of mature cotton bolls from buds and flowers damaged by *Apolygus lucorum*

棉花组织 Cotton tissues	每蕾(花)接虫数 Number of bugs infested per bud or flower	成铃大小 Mature boll size		校正脱落率 Corrected abscission rate
		宽 Width (cm)	高 Height (cm)	
蕾 Bud	0	2.76 ±0.14	3.77 ±0.20 a	–
	1	2.00 ±0.41	2.72 ±0.43 b	0.33 ±0.13
	2	2.71 ±0.17	3.66 ±0.32 ab	0.26 ±0.20
	3	2.24 ±0.23	2.96 ±0.24 ab	0.33 ±0.07
花 Flower	0	3.04 ±0.08	4.32 ±0.12	–
	1	3.03 ±0.09	4.45 ±0.18	0.09 ±0.07
	2	3.00 ±0.14	4.17 ±0.22	0.35 ±0.07
	3	2.95 ±0.12	4.42 ±0.21	0.28 ±0.11

表中数据为平均数±标准误;同列数据后不同字母表示经Duncan氏测验在$P<0.05$水平差异显著。Data in the table are mean ± *SE*; different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's test.

数据(表5)显示,各接虫梯度之间蕾和花被害后的校正落铃率均无显著差异(蕾:$F=0.070$, $df=2$, $P=0.933$;花:$F=2.250$, $df=2$, $P=0.161$)

2.3 棉铃的危害

2.3.1 不同部位的刺吸点数:棉花铃被害24 h后类似蕾被害症状,即会出现肉眼可见的坏死小圆点,直径约0.3~0.8 mm,被刺部位稍有凸起;有时会出现直径1~2 mm的较大刺点,刺点颜色较深,为黑褐色,小点边缘常伴有溢出汁液,风干后为透明亮片,试验计数时清晰可辨(图1:D)。不同直径棉铃上的刺吸点数统计(图5)显示,不同直径铃上的刺吸点数间存在极显著性差异($F=24.583$, $df=5$, $P=0.000$),在嫩铃(直径10,15,20和25 mm的铃)上的刺吸点数差异不显著,显著高于直径30和35 mm的铃上刺吸点数。随着棉铃直径的增大,每cm^2刺吸点数呈递减趋势($F=34.281$, $df=5$, $P=0.000$),直径10 mm的铃上刺吸点数最多(19.44个),35 mm刺吸点数最少(0.06个)。

由于棉铃直径大于25 mm后,绿盲蝽对棉铃的刺吸仅造成极个别的刺吸点,无法刺入棉铃内部造成产量损失,因此,仅比较研究了25 mm及小于25 mm棉铃受绿盲蝽危害后各部位的刺吸点数(图6)。结果显示,随着棉铃的直径增加,棉铃和托膜单位面积上的刺吸点数显著降低,棉柄上的刺吸点数显著增加,萼片上刺吸点数无显著差异。表明随着棉铃直径的增加,绿盲蝽对铃的刺吸减少,对柄的

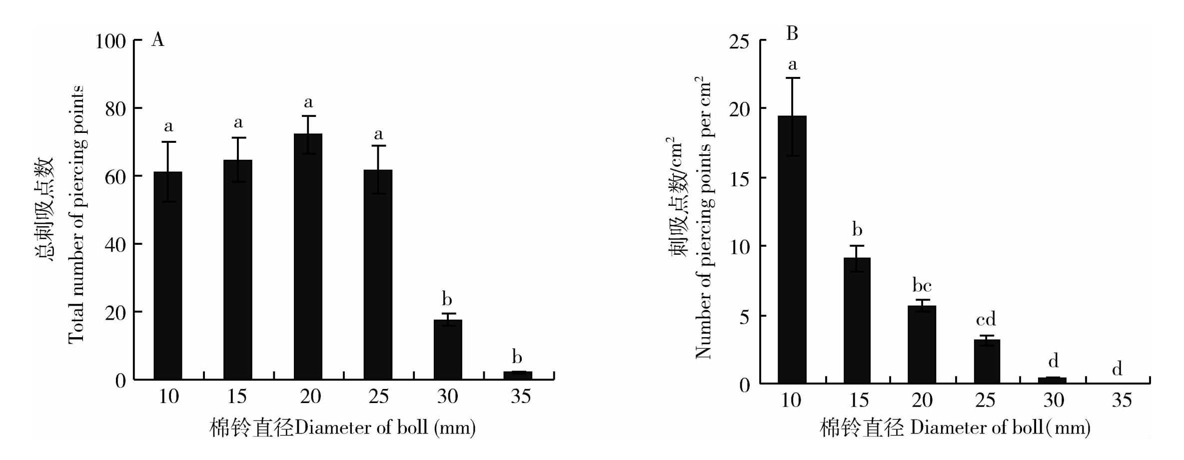


图 5　绿盲蝽危害后不同直径棉铃上总刺吸点数(A)和平均 1 cm^2 刺吸点数(B)

Fig. 5　Total number of piercing points (A) and number of piercing points per cm^2 (B) on cotton bolls with different diameters caused by *Apolygus lucorum*

图 6　绿盲蝽危害 24 h 不同直径棉铃各部位的刺吸点数

Fig. 6　Number of piercing points on different parts of cotton bolls with different diameters damaged by *Apolygus lucorum*

A：铃身 Boll body；B：托膜 Membrane；C：萼片 Sepal；D：铃柄 Stem.

刺吸选择增加(铃：$F=22.138$，$df=3$，$P=0.000$；托膜：$F=7.231$，$df=3$，$P=0.000$；萼片：$F=2.318$，$df=3$，$P=0.081$；柄：$F=5.594$，$df=3$，$P=0.001$)。

2.3.2　脱落率：独立样本 *T* 检验结果显示，10 mm 和 15 mm 直径棉铃的校正脱落率分别为 55.00% 和 26.60%（图 7），二者间的差异未达到显著水平($t_{8,0.05}=-0.943$；$P=0.374$，$F=0.885$)，而直径大于 15 mm 的棉铃脱落率均为 0。

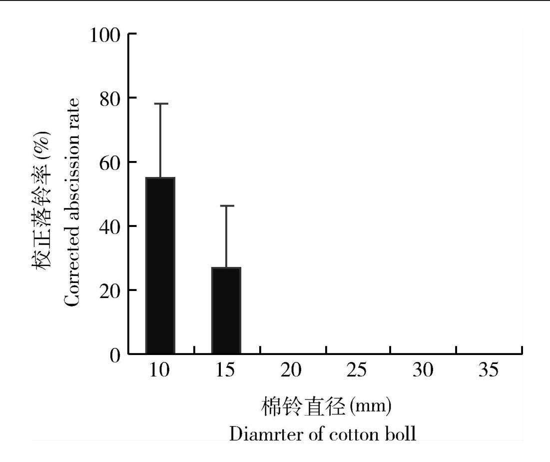
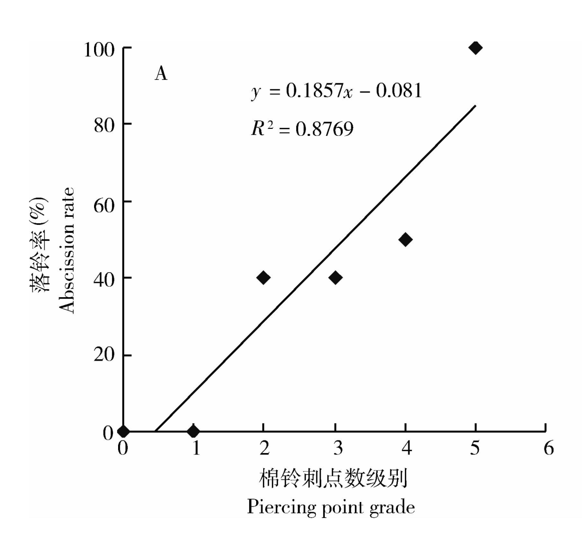


图 7 绿盲蝽胁迫下各直径棉铃的落铃率

Fig. 7 Corrected abscission rates of cotton bolls with different diameters damaged by *Apolygus lucorum*

2.3.3 刺吸点数与脱落率回归模型：通过对绿盲蝽危害各直径梯度棉铃后铃、托膜、萼片、柄的刺吸点数与脱落率的数据进行线性回归拟合，发现只有铃上的刺吸点数和脱落率的关系达到显著性水平，其他 3 个部位的刺吸点数与脱落率之间均无线性关系。棉铃直径大于 15 mm 后，即使有较多刺吸点，也不会造成落铃，因此对 10 mm、15 mm 直径棉铃的刺吸点数和脱落率做了回归拟合。接虫危害 24 h 后每个棉铃被危害后刺吸点数分级标准如下：0 级：棉铃无刺吸点；Ⅰ级：刺吸点数 1 ~ 20 个；Ⅱ级：刺吸点数 21 ~ 40 个；Ⅲ级：刺吸点数 41 ~ 70 个；Ⅳ级：刺吸点数 71 ~ 100 个；Ⅴ级：刺吸点数 > 100 个。

通过 Excel 散点拟合后得到结果见图 8。10 mm 和 10 ~ 15 mm 铃上的刺吸点数与脱落率均呈显著的线性关系（10 mm：$F = 8.482$，$P = 0.005$；10 ~ 15 mm：$F = 15.198$，$P = 0.001$），随着刺吸点数的增加，脱落率增加。



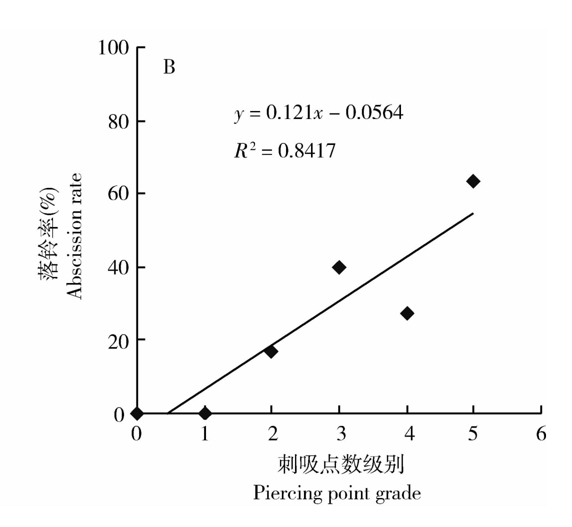


图 8 直径 10 mm（A）和 10 ~ 15 mm（B）的棉铃的落铃率（$1 \leqslant x \leqslant 5$）

Fig. 8 Abscission rates of cotton bolls with the diameter 10 mm (A) and 10 – 15 mm (B) ($1 \leqslant x \leqslant 5$)

2.3.4 成铃大小：不同直径（10，15 ，20 和 25 mm）的铃被绿盲蝽危害 24 h，17 d 后成铃情况见图 9。4 个直径水平被害铃与对照铃成铃的高和宽均没有显著性差异（接虫棉铃直径 10 mm：宽：$F = 3.652$，$P = 0.065$；高：$F = 3.914$，$P = 0.057$。接虫棉铃直径 15 mm：宽：$F = 1.372$，$P = 0.249$；高：$F = 0.129$，$P = 0.721$。接虫棉铃直径 20 mm：宽：$F = 0.049$，$P = 0.826$；高：$F = 1.270$，$P = 0.265$。接虫棉铃直径 25 mm：宽：$F = 0.679$，$P = 0.414$；高：$F = 0.442$，$P = 0.510$）。

3 讨论

对绿盲蝽这种棉田害虫的成灾机制的研究目前集中在其暴发的数量，随着转 Bt 棉花的逐年普及，绿盲蝽的百株虫量逐渐上升（Lu *et al*., 2010，Bergé and Ricroch，2010），但目前对其危害规律的研究较少。对于症状的介绍多数为其后期危害症状的描述，但是往往形成后期“破叶疯”等症状后再防治，很有可能已到该虫的发生后期，为时已晚，加之绿盲蝽体色和善飞的优势，防治效率很低，因此该害虫发生时可造成 20% ~30% 的年均损失，严重年份损失可达 80%，甚至绝产（陆宴辉和吴孔明，2008）。整个实验我们用到的试虫，除了成虫用网罩以外，其他的虫态均用在所研究组织末端涂抹粘虫胶的方式加以限制。实验中对于粘虫胶的运用是很简单灵活的，实验中我们发现用拇指和食指沾一点粘虫胶，只

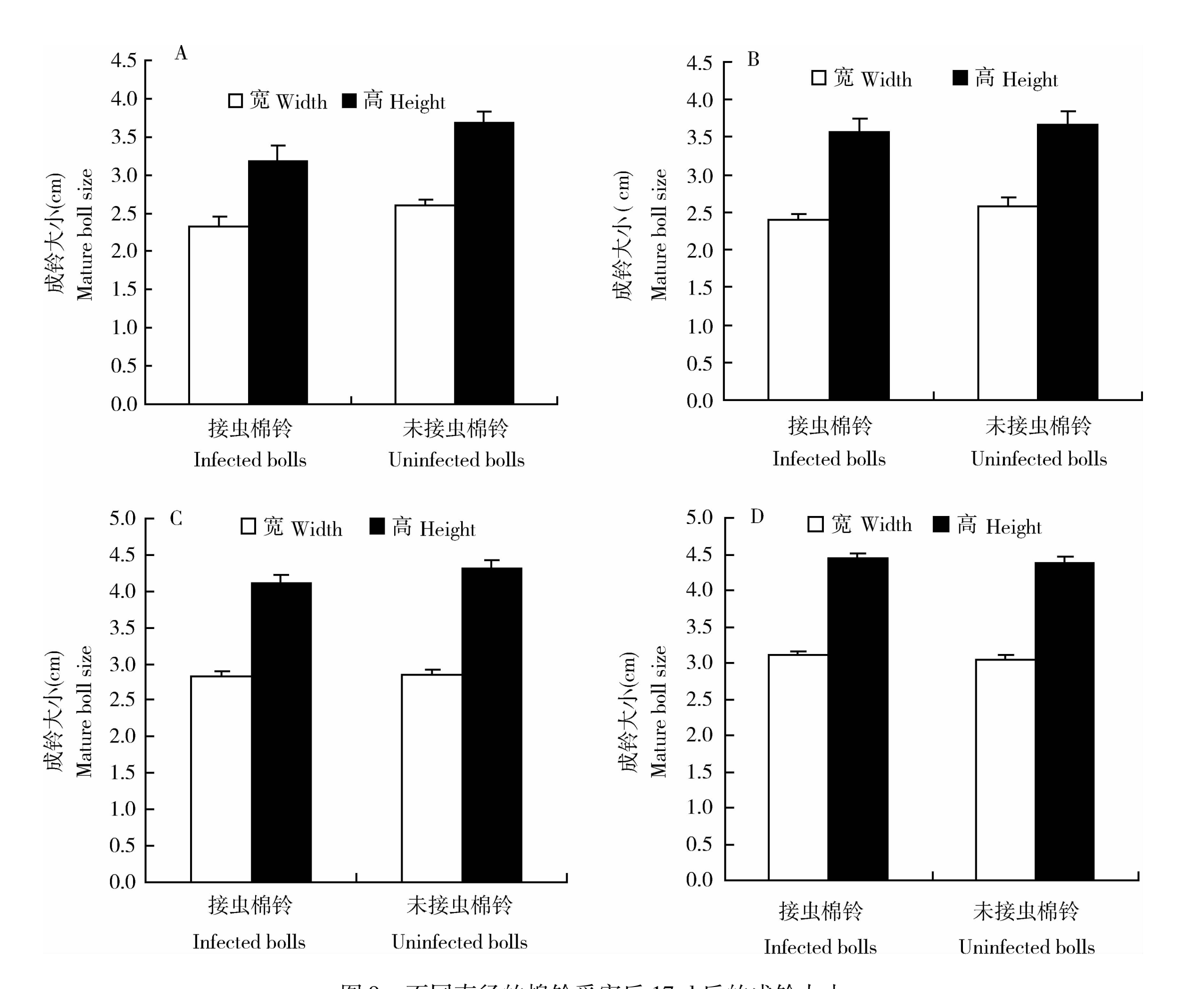


图 9　不同直径的棉铃受害后 17 d 后的成铃大小

Fig. 9　Size of mature cotton bolls infected at different diameters by *Apolygus lucorum* at 17 d after infection

接虫棉铃直径 Diameter of cotton bolls infected：A：10 mm；B：15 mm；C：20 mm；D：25 mm.

要在组织末端(一般为柄部)用拇指和食指一撮，保证试虫逃逸的必经之路完全粘有胶，只要很薄的一层，试虫就无法逃逸。据试验中观察，一般饥饿的绿盲蝽被放在棉花组织上，在一阵慌乱的爬动之后，立即开始取食，有的试虫取食结束之后可能会乱爬，走到粘虫胶边缘，经过试探后，试虫均会离开粘虫胶，几乎不会被粘住。由于在实验组织末端涂了粘虫胶，其他爬行类害虫就无法上去危害，这样阻挡了一大批可能有威胁的“其他害虫”；试验田较大，棉花植株很多，每株棉花上又有很多铃(蕾、花)，实验所用组织数量所占比例相对甚小，即使有飞来的害虫攻击到的可能就很小，受到的危害也是平均的，不会造成大误差；实验重复较多，也可以在一定程度上减小误差，本实验旨在尽可能的模拟大田自然情况。

本研究基于 24 h 后的危害症状，由多次预实验结果得出，绿盲蝽在饥饿处理 24 h 之后放在所试棉花各组织上，取食 24 h 之后，即使是一头试虫便可造成较多的刺吸点，尤其是生长点、嫩叶和嫩铃，放上一头绿盲蝽若虫，24 h 之后最多可造成上百个刺吸点，危害面积占到 80% 以上，基于此，为了定量危害，实验将取食危害时间定为 24 h，来研究不同虫龄对不同生长期棉花的危害特性，实验结果展示了一天(24 h)的刺吸取食便可造成这样的危害和损失，给防虫工作敲响警钟，并给防治指标的制定提供了参考依据。若能沿用此方法作为今后此类害虫测报研究的依据之一，我们认为可提早绿盲蝽危害的预测预报，提高测报效率，减少损失同时减少防治成本投入。

Musser 等(2009)用罩笼法研究了盲蝽 4 - 5 龄若虫和成虫 2 个虫态对棉铃的危害对产量的影响。本研究用 4 个虫态，系统分析棉花苗期、花期、蕾期及各个直径大小的棉铃被绿盲蝽刺吸危害后对产量的影响。研究结果表明，1 头绿盲蝽危害 24 h 后对棉花所造成无头苗只局限于子叶期和 2 叶期，2 叶期后，任何虫态 24 h 的危害都不会造成无头苗。5 龄若虫造成的无头苗率较其他几个虫态最高。通过

对 4,6 和 8 叶期被绿盲蝽危害 24 h 后的刺吸点数和生长点被害级别与 10,20 和 30 d 后叶片被害指数的分析发现,各叶期 10 d 后的叶片被害指数与刺吸点数和生长点危害级别之间有线性关系,通过子叶期－2 叶期无头苗率模型和 4,6 和 8 叶期叶片被害指数模型可以通过观测早期生长点被害情况推测无头苗率及叶片被害指数。前人研究报道的绿盲蝽的趋嫩性(张耀章, 1989; 陆宴辉, 2008; 李爱华, 2011;李林懋等, 2012a,2012b)和趋花性(刘立春, 1989; Price and Nagle, 2003; 汤建国等, 2007; 党志红等, 2010),从绿盲蝽对棉花蕾、花的刺吸点分布来看,蕾旁的新生小叶以及花的花瓣是主要选择刺吸部位,说明新生的叶片比蕾其他部位幼嫩,更吸引绿盲蝽;当花开放后,所有的刺吸点都集中在花器上,而且花瓣的刺吸点数最多。而花较蕾可接触表面积大,花期各部位的刺吸点数随着接虫数的增加呈现显著上升的趋势。绿盲蝽对棉铃的刺吸选择结果显示,虽然对 25 mm 棉铃的刺吸点数达到峰值,但是平均到每 cm^2,刺吸点数随着棉铃直径的增大显著减少,10 mm 棉铃上刺吸点数最多,支持了趋嫩性观点,但是柄的刺吸点数却随棉铃直径的增大而增大,推测为绿盲蝽由于刺吸能力有限,棉铃越大,刺入难度越大,绿盲蝽只有增加对棉铃其他部位的选择。

早期研究仅说明棉花遭绿盲蝽危害后会脱落。本实验校正脱落率结果表明,虽然绿盲蝽可造成任何直径棉铃产生外部刺吸点,但仅有蕾、花及 10 ~ 15 mm 的棉铃被刺吸危害后会脱落,而超过 15 mm 棉铃被害后不会脱落。因此重点防控时期为蕾花期和棉铃小于 15 mm 的时期。

危害后的成铃大小结果显示,绿盲蝽危害后,棉花蕾、花、铃的宽和高与未受害棉铃之间无显著差异,说明其危害对成铃的大小没有显著影响。据绿盲蝽刺吸危害棉铃后脱落率与刺吸点数回归模型,可以通过观测早期 10 ~ 15 mm 棉铃的刺吸点数推测棉铃的脱落率,判断产量的损失情况,有较好的可信度。

目前国内对绿盲蝽危害规律的研究较少,国外对盲蝽此方面的研究多集中在寄主适合度、用罩笼法探索盲蝽对棉花的危害(Musser *et al.*, 2009; Cooper and Spurgeon, 2011),但未发现有以刺吸点数作为衡量危害依据的研究。本实验将早期症状作为危害的衡量指标,发现棉花子叶期、2 叶期、4 叶期、蕾期、10 mm 和 15 mm 铃期为对绿盲蝽的敏感时期,应重点防控,并建立了棉花无头苗模型、叶片被害指数模型、脱落率模型,为棉盲蝽的适用防治指标的制定提供依据。

参考文献(References)

Bergé JB, Ricroch AE, 2010. Emergence of minor pests becoming major pests in GE cotton in China: what are the reasons? What are the alternatives practices to this change of status? *Genetically-modified Crops*, 1(4): 214－219.

Cooper WR, Spurgeon DW, 2011. Laboratory studies of variations in feeding behaviors among *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) of different gender and reproductive states. *Environ. Entomol.*, 40(2): 367－372.

Dang ZH, Li YF, Gao ZL, Pan WL, 2010. Taxis preferences of *Apolygus lucorum* adult to flower organs on different host plants. *Journal of Hebei Agricultural Science*, 11(8): 82－83. [党志红, 李耀发, 高占林, 潘文亮, 2010. 绿盲蝽成虫对几种寄主植物花器的趋性研究. 河北农业科学, 11(8): 82－83]

Li AH, Zhang CA, Wang LP, 2011. Integrated control methods of *Apolygus lucorum* at the tea region in Shandong. *Deciduous Fruits*, (4): 42－44. [李爱华, 张承安, 王来平, 2011. 山东茶区绿盲蝽综合防治技术. 落叶果树, (4): 42－44]

Li LM, Men XY, Ye BH, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang SC, Zhou XH, 2012a. Occurrences and harmless control measures of *Apolygus lucorum* in winter jujube. *Shandong Agricultural Science*, 44(9): 98－101. [李林懋, 门兴元, 叶保华, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪, 周仙红, 2012a. 冬枣绿盲蝽的发生与无公害防治. 山东农业科学, 44(9): 98－101]

Li LM, Men XY, Ye BH, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang SC, Zhou XH, 2012b. Occurrence and management of fruit mirids. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 49(3): 793－801. [李林懋, 门兴元, 叶保华, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪, 周仙红, 2012b. 果树盲蝽的发生与防控技术. 应用昆虫学报, 49(3): 793－801]

Liu LC, Gu GH, Yang GX, Chen HX, 1989. Population changes and infestation tropism of cotton mirids. *Entomol. Knowl.*, 26(6): 328－331. [刘立春, 顾国华, 杨顾新, 陈惠祥, 1989. 棉盲蝽种群变动与为害趋性. 昆虫知识, 26(6): 328－331]

Lu YH, Liang GM, Wu KM, 2007. Advances in integrated management of cotton mirids. *Plant Protection*, 33(6): 10－15. [陆宴辉, 梁革梅, 吴孔明, 2007. 棉盲蝽综合治理研究进展. 植物保护, 33(6): 10－15]

Lu YH, Wu KM, 2008. The Cotton Mirids and Its Control. Golden Shield Press, Beijing. 29－31. [陆宴辉, 吴孔明, 2008. 棉花盲蝽象及其防治. 北京:金盾出版社. 29－31]

Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, Li P, Feng HQ, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328: 1151－1154.

Lu YY, 2008. Studies on Ecological Adaptability of the Mirids. PhD Dissertation, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. 12－24. [陆宴辉, 2008. 盲蝽蟓生态适应研究. 北京: 中国农

业科学院博士学位论文. 12 – 24］

Men XY, Ge F, Edwards CA, Erdal NY, 2005. The influence of pesticide applications on *Helicoverpa armigera* Hübner and sucking pests in transgenic Bt cotton and non-transgenic cotton in China. *Crop Protection*, 24(4): 319 – 324.

Mu JY, Xu HF, Dong YL, Wu QL, Fan GH, Li Q, Tan LQ, 1987. Studies on the control criteria of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover). *Journal of Shandong Agricultural University* (*Natural Science*), 18(2): 64 – 70. ［牟吉元, 徐洪富, 董艳丽, 吴青雷, 范广华, 李强, 谭六谦, 1987. 棉蚜防治指标的研究. 山东农业大学学报（自然科学版）, 18(2): 64 – 70］

Musser FR, Knighten KS, Reed JT, 2009. Comparison of cotton damage from tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) and southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) adults and nymphs. *Midsouth Entomologist*, 2(1): 1 – 9.

Price JF, Nagle CA, 2003. Pesticide Options for Important Insect, Mite and Mollusk Pests of Commercial Flowers in Florida. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Florida. 68 pp. http://www.southernag.com/docs/PESTGUIDEUF.pdf.

Tang JG, Yang ZL, Zeng TX, Wu HP, 2007. Research on primary cotton capsid growing behaviour of China. *Jiangxi Cotton*, 29(1): 9 – 12. ［汤建国, 阳中乐, 曾天喜, 吴浩平, 2007. 中国主要棉盲蝽的生活习性研究综述. 江西棉花, 29(1): 9 – 12］

Wu KM, Li W, Feng HQ, Guo Y, 2002. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China. *Crop Protection*, 21: 997 – 1002.

Zhang YX, Cao YP, Bo LX, Cao CY, 1986. Plant bug damage on cotton in different growing stages and the threshold for control. *Acta Phytophy. Sin.*, 13(2): 73 – 77. ［张永孝, 曹雁萍, 柏立新, 曹赤阳, 1986. 棉花不同生育期棉盲蝽的为害损失及防治指标的研究. 植物保护学报, 13(2): 73 – 77］

Zhang YZ, 1989. Damage of *Apolygus lucorum* to ornamental chrysanthemums. *Plant Protection*, 15(4): 62. ［张耀章, 1989. 绿盲蝽危害观赏菊花. 植物保护, 15(4): 62］

Zhou HX, Wan FH, Liu WX, Liu XJ, Li Q, 2003. Study on population dynamics and damage of *Lygus lucorum* Mayr in transgenic Bt cotton. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 11(3): 13 – 15. ［周洪旭, 万方浩, 刘万学, 刘小京, 李强, 2003. 绿盲蝽在转 Bt 基因抗虫棉的发生动态及其为害研究. 中国生态农业学报, 11(3): 13 – 15］

Zhu HF, Meng XL, 1958. Studies on three species of cotton plant-bugs, *Adelphocoris taeniophorus* Reuter, *A. lineolatus* (Goeze), and *Lygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera, Miridae). *Acta Entomol. Sin.*, 8(2): 97 – 118. ［朱弘复, 孟祥玲, 1958. 三种棉盲蝽研究. 昆虫学报, 8(2): 97 – 118］

Zhuo DG, Li ZH, Men XY, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang SC, 2011. Effects of low temperature and photoperiod on diapause termination and developmental duration of the overwintering egg of *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (Hemiptera: Miridae). *Acta Entomol. Sin.*, 54(2): 136 – 142. ［卓德干, 李照会, 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪, 2011. 低温和光周期对绿盲蝽越冬卵滞育解除和发育历期的影响. 昆虫学报, 54(2): 136 – 142］

（责任编辑：袁德成）